



US4366362

Biblio

Desc

Claims

Page 1

Drawing

**All position TIG w lding process**

Patent Number: ☐ [US4366362](#)  
Publication date: 1982-12-28  
Inventor(s): OHTA ICHIRO; TEJIMA AKIO; WATANDO MASAYUKI; YAMAOKA AKIRA;  
ISHIWATA KOUZI; YAMADA MINORU  
Applicant(s):: ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND  
Requested Patent: ☐ [DE3103247](#)  
Application Number: US19810231141 19810203  
Priority Number (s): JP19800034396 19800318  
IPC Classification: B23K9/09  
EC Classification: [B23K9/09B2](#), [B23K9/167](#)  
Equivalents: AU538441, AU6636281, ☐ [JP56131071](#)

**Abstract**

In a TIG welding process with controlled welding current pulses, DC current pulses with the frequency set at from tens to hundreds Hz (most preferably from 30 to 300 Hz) are fed to an electrode and current pulses are also fed to a filler wire so that an arc is caused to swing, whereby a large pool of molten metal can be maintained in a positive and stable manner due to the high arc pressure obtained when the welding current pulses at from tens to hundreds Hz is used.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

**THIS PAGE BLANK** (USPTO

①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑪ DE 3103247 A1

⑤ Int. Cl. 3:  
B23K9/16

⑳ Aktenzeichen:  
㉔ Anmeldetag:  
㉕ Offenlegungstag:

P 31 03 247.8-34  
31. 1. 81  
28. 1. 82

③⑩ Unionspriorität: ③② ③③ ③①  
18.03.80 JP P34396-80

⑦① Anmelder:  
Ishikawajima-Harima Jukogyo K.K., Tokyo, JP

⑦④ Vertreter:  
Louis, D., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., 8183 Rottach-Egern;  
Pöhlau, C., Dipl.-Phys., 8500 Nürnberg; Lohrentz, F.,  
Dipl.-Ing., 8130 Starnberg; Segeth, W., Dipl.-Phys.,  
Pat.-Anw., 8500 Nürnberg

⑦② Erfinder:  
Ohta, Ichiro; Tejima, Akio, Yokohama, Kanagawa, JP;  
Watando, Masayuki, Yokosuka, Kanagawa, JP; Yamaoka,  
Akira, Chigasaki, Kanagawa, JP; Isiiwata, Kouzi,  
Yokosuka, Kanagawa, JP; Yamada, Minoru, Yokohama,  
Kanagawa, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Wolfram-Schutzgas-Schweißverfahren

Bei einem Wolfram-Schutzgas-Schweißverfahren mit gesteuerten Schweißstromimpulsen werden Gleichspannungsstromimpulse mit einer Frequenz von einigen Zehn bis einigen Hundert Hz (vorzugsweise von 30 bis 300 Hz) einer Elektrode zugeführt. Weiterhin werden Stromimpulse einem Schweißdraht zugeführt, so daß ein Lichtbogen gezwungen wird, zu schwingen, wodurch ein großes Schmelzbad aus geschmolzenem Metall in positiver und stabiler Weise aufgrund des hohen Lichtbogendruckes aufrechterhalten werden kann, wobei dieser Lichtbogendruck erhalten wird, wenn die Schweißstromimpulse zwischen einigen Zehn bis einigen Hundert Hz liegen.

(31 03 247 - 28.01.1982)

DE 3103247 A1

DE 3103247 A1

3103247

LOUIS, PUHLAU, LOHRENTZ & SEGETH

PATENTANWÄLTE  
ZUGEL. BEIM EUROP. PATENTAMT

DIETER LOUIS, DR. RER. NAT. \*  
CLAUS PUHLAU, DIPL.-PHYS. \*  
FRANZ LOHRENTZ, DIPL. ING. \*\*  
WOLFG. SEGETH, DIPL. PHYS. \*

Ishikawajima Harima  
Jukogyo Kabushiki Kaisha  
No. 2-1, 2-chome,  
Ote-machi, Chiyoda-ku,  
Tokio-to - Japan

8500 NÜRNBERG 1

POSTFACH 3578  
KIESLERPLATZ 11 \*

TELEFON: (0911) 534951/550178  
TELEGRAMME: BURGPATENT NÜRNBERG  
TELEX: 623847 burgp d

8130 STARNBERG

FERDINAND MARIA-STRASSE 6 \*\*

TELEFON: (0914) 6546  
TELEGRAMME: BURGPATENT STARNBERG

Antwort nach Nürnberg erbeten.

Uns. Zehl.:  
(bei Antwort stets angeben)

---

Wolfram-Schutzgas-Schweißverfahren

---

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Wolfram-Schutzgas-Schweißverfahren, das in allen  
Stellungen ausführbar ist,  
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h  
Zuführen von Gleichspannungs-Strom-Impulsen zu einer  
Elektrode bei gleichzeitigem Zuführen von Stromimpul-  
sen zu einem Schweißdraht.
2. Wolfram-Schutzgas-Schweißverfahren nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
daß die Frequenz der der Elektrode zugeführten Gleich-  
spannungs-Strom-Impulse bei einigen Zehn bis einigen  
Hundert Hz liegt.
3. Wolfram-Schutzgas-Schweißverfahren nach Anspruch 2,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

130064/0526

daß die Phasenbeziehungen der der Elektrode zugeführten Gleichspannungs-Strom-Impulse und der dem Schweißdraht zugeführten Stromimpulse synchron verriegelt wird.

4. Wolfram-Schutzgas-Schweißverfahren nach den Ansprüchen 1, 2 oder 3,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
daß den dem Schweißdraht zugeführten Stromimpulsen ein Vorspannungsstrom überlagert wird.
5. Wolfram-Schutzgas-Schweißverfahren nach den Ansprüchen 1, 2 oder 3,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
daß die Spitze des Schweißdrahtes bezogen auf die Schweißrichtung hinter der Elektrode zugeführt wird.
6. Wolfram-Schutzgas-Schweißverfahren nach Anspruch 4,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
daß die Spitze des Schweißdrahtes bezogen auf die Schweißrichtung hinter der Elektrode zugeführt wird.

130064/0526

3103247

LOUIS, POHLAU, LOHRENTZ & SEGETH

PATENTANWÄLTE

ZUGEL. BEIM EUROP. PATENTAMT

DITTER LOUIS, DPL. RER. NAT. \*  
CLAUS POHLAU, DPL. PHYS. \*  
FRANZ LOHRENTZ, DPL. ING. \*\*  
WOLFG. SEGETH, DPL. PHYS. \*

- 3 -

8500 NÜRNBERG 1

POSTFACH 3055

(KESSELPLATZ 1) \*

TELEFON: (0911) 534051/559170

TELEGRAMME: BURG-PATENT NÜRNBERG

TELEX: 635017 burgp d

8130 STARNBERG

FERDINAND MARIA-STRASSE 8 \*\*

TELEFON: (0915) 6546

TELEGRAMME: BURG-PATENT STARNBERG

Antwort nach Nürnberg erbeten.

Ishikawajima Harima  
Jukogyo Kabushiki Kaisha  
No. 2-1, 2-chome,  
Ote-machi, Chiyoda-ku,  
Tokio-to - Japan

Uns. Zelu:  
(bei Antwort stet. angeben)

# Wolfram-Schutzgas-Schweißverfahren

Die Erfindung bezieht sich auf ein Wolfram-Schutzgas-Schweißverfahren, das in allen Stellungen ausgeführt werden kann. Im folgenden wird das Wolfram-Schutzgas-Schweißverfahren auch mit "TIG"-Schweißen (tungsten-inert gas) bezeichnet.

Da durch das Wolfram-Schutzgas-Schweißverfahren Schweißungen mit exzellenter Qualität erhalten werden, wird es in großem Umfange zum Verschweißen unterschiedlicher Rohre in jeglichen denkbaren Schweißstellungen verwendet. Allgemein kann man die TIG-Schweiß-Verfahren in Niederfrequenz-Impuls-TIG-Schweißverfahren und in Hochfrequenz-Impuls-TIG-Schweißverfahren aufteilen. Das Niederfrequenzverfahren ist recht weit verbreitet, während das Hochfrequenzverfahren für spezielle Zwecke reserviert ist.

Beim Niederfrequenz-Impuls-TIG-Schweißverfahren wird der Schweißstrom durch elektrische Stromimpulse mit niedrigen

130064/0526

- 2 -

- 4.

Frequenzen von wenigen Hertz gesteuert, während der "Schweißbrenner" bewegt wird. Die Schweißzone wird wiederholt geschmolzen und verfestigt, wobei ein Wulst oder eine "Perle" erhalten wird. Aus diesem Grunde ist das Niederfrequenz-Impuls-TIG-Schweißverfahren am besten geeignet um Schweißungen in allen möglichen Stellungen auszuführen. Zusätzlich sind die Niederfrequenz-Impuls-TIG-Schweißmaschinen konstruktiv einfach und im Betrieb sehr effizient, wenn sie "vor Ort" benutzt werden. Allerdings hat das Niederfrequenz-Impuls-TIG-Schweißen einen prinzipiellen Nachteil bei der Schweißeffektivität. Dieser Nachteil besteht darin, daß die Metallablagerungsgeschwindigkeit gering ist. Beispielsweise ist bei einer vertikal nach unten weisenden Schweißstellung, die am gebräuchlichsten ist, die Metallablagerungsgeschwindigkeit kleiner als 8 g/min (bei einer Wärmezufuhr von 7500 Joule/cm). Folglich muß die Anzahl von Durchgängen vergrößert werden, so daß die zum Umspulen der Schweißkabel und der Schläuche für das Schutzgas benötigte Einrichtzeit vergrößert wird. Weiterhin muß das Schweißen für eine relativ lange Zeit intermittierend unterbrochen werden. Folglich ist die Produktivität gering.

Beim Hochfrequenz-Impuls-TIG-Schweißverfahren werden Hochfrequenz-Impuls-Lichtbögen von 2000 bis 25000 Hz verwendet. Synchron mit einem mechanischen seitlichen Schwenken eines Schweißbrenners wird die Ausgabe eines Hochfrequenzstromes gesteuert, wodurch die Rohre in allen Stellungen geschweißt werden können. Da der Lichtbogenstrom geringen Querschnitt aufweist und eine gute Stabilisierung erhalten werden kann, kann ein zufriedenstellendes Eindringen erreicht werden, selbst wenn Rillen oder Spalte sehr schmal sind. Auch kann bezogen auf das Niederfrequenz-Impuls-TIG-Schweißverfahren ein großes Schmelzbad aus geschmolzenem Metall aufrecht erhalten werden. Allerdings hat auch das Hochfrequenz-Impuls-

130064/0526

TIG-Schweißverfahren einen Nachteil. Wenn nämlich der Abstand zwischen einer elektrischen Energiequelle und dem "Schweißbrenner" mehrere Meter überschreitet, so werden die Hochfrequenzkomponenten aufgrund der Induktivität des Schweißkabels in ihrer Wirksamkeit plötzlich verschlechtert. Im Ergebnis können daher die dem Hochfrequenz-Impuls-TIG-Schweißverfahren eigentümlichen und wünschenswerten Schweißeffekte nicht unter allen gebräuchlichen oder üblichen Schweißbedingungen erhalten werden. Im Ergebnis wird die Effektivität eines Schweißens in allen denkbaren Stellungen nachteilig beeinflusst. Beispielsweise ist im Falle des vertikal nach unten gerichteten Schweißens die Metallablagerungsgeschwindigkeit in der Größenordnung von 15 g/min (mit einer Wärmezufuhr von 15000 Joule/cm).

Die Effektivität des Schweißens in allen denkbaren Stellungen wird wesentlich dadurch beeinflusst, wie gut ein Schmelzbad aus geschmolzenem Metall aufrechterhalten wird. Grundsätzlich muß ein großes Schmelzbad aus geschmolzenem Metall aufrechterhalten werden, um die Metallablagerungsgeschwindigkeit und darauffolgend die Schweißeffektivität zu verbessern. Allerdings ist das Volumen des Schmelzbades aus geschmolzenem Metall aufgrund der Gravitationskraft im Falle des Schweißens in allen möglichen Stellungen begrenzt. Das Schmelzbad aus geschmolzenem Metall kann nur sehr schwer aufrechterhalten werden, insbesondere bei einer vertikal nach unten weisenden Schweißstellung. Dies wird im Zusammenhang mit Fig. 1 näher erläutert. In der vertikalen Schweißstellung neigt ein Schmelzbad 1 aus geschmolzenem Metall dazu, aufgrund der Gravitationskraft nach unten zu fließen, während die Oberflächenspannung des geschmolzenen Metalls das Schmelzbad 1 in gewissem Umfange hält. Das Volumen des Schmelzbades 1 aus geschmolzenem Metall, das erhalten oder aufgrund der

130064/0526



Oberflächenspannung des geschmolzenen Metalls aufrechterhalten wird, ist natürlich begrenzt. Um das Volumen des Schmelzbades 1 zu vergrößern, muß eine zusätzliche Kraft auf das Schmelzbad ausgeübt werden. Beim vertikal nach unten gerichteten Schweißen treten sog. "kalte Überlappungen" bzw. "kalte Schweißstellen" auf, wenn ein Kontaktwinkel  $\theta$  einen gewissen Grenzwert überschreitet, mit dem Ergebnis schlechter Schweißverbindungen. Aus diesem Grunde hat das vertikal nach unten gerichtete Schweißen eine niedrige Schweißgeschwindigkeit. In Fig. 1 bezeichnet das Bezugszeichen 2 ein Grundmetall, das Bezugszeichen 3 einen Schweißbrenner und das Bezugszeichen 4 einen Lichtbogen.

Wie oben beschrieben, hat das Niederfrequenz-Impuls-TIG-Schweißverfahren einen immanenten Nachteil, der darin liegt, daß die Schweißablagerngeschwindigkeit niedrig ist. Zusätzlich ist die Möglichkeit, ein Schmelzbad aus geschmolzenem Metall durch einen Lichtbogen aufrechtzuerhalten, gering. Hieraus folgt, daß bei Anwendung des Niederfrequenz-Impuls-TIG-Schweißverfahrens bei einem Schweißen in allen möglichen Stellungen, die Schweißeffektivität verglichen mit der anderer Schweißverfahren, wie z. B. dem MIG-Schweißverfahren weiterhin abnimmt. Die Hochfrequenz-Impuls-TIG-Schweißverfahren sind im Hinblick auf die Metallablagerngeschwindigkeit und die Möglichkeit, ein Schmelzbad aus geschmolzenem Metall aufrechtzuerhalten, den Niederfrequenz-Impuls-TIG-Schweißverfahren überlegen. Sie haben jedoch den Nachteil, daß die Verwendung "vor Ort" schwierig ist, wie oben beschrieben.

Weiterhin gibt es Schweißverfahren, die man als "Mittelfrequenz-Impuls-TIG-Schweißen" bezeichnen kann, da sie Frequenzen verwenden, die zwischen den hohen und niedrigen Frequenzen liegen, die bei dem oben beschriebenen TIG-

130064/0526

Schweißverfahren verwendet werden. Diese genannten Schweißverfahren wurden bisher jedoch nicht in die Praxis umgesetzt. Im Stand der Technik ist es allgemein bekannt, daß man mit Schweißstromimpulsen bei mittleren Frequenzen hohe Lichtbogendrücke erreichen kann; allerdings haben die Mittelfrequenz-Impuls-TIG-Schweißverfahren einen Nachteil, der darin liegt, daß die Oberfläche des Schmelzbades aus geschmolzenem Metall unmittelbar unter dem Lichtbogen zusammengedrückt wird. Dies erfolgt aufgrund des hohen Druckes des Lichtbogens, so daß der Lichtbogen von dem geschmolzenen Metall umgeben ist, welches eine Art Wall mit hohen Wänden bildet. Im Ergebnis ist die "Perlen- bzw. Wulst-Bildung" nicht zufriedenstellend.

Im Hinblick hierauf ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Wolfram-Schutzgas-Schweißverfahren anzugeben, bei dem Stromimpulse bei mittleren Frequenzen verwendet werden, um hohe Lichtbogendrücke zu erhalten, so daß Schweißungen mit hoher Qualität im Vergleich zu der bei den Hoch- oder Niederfrequenz-Impuls-TIG-Schweißverfahren erhalten werden und wobei die Schweißeffektivität und die Schweißgeschwindigkeit spürbar verbessert werden.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels im Zusammenhang mit den Figuren ausführlicher beschrieben. Es zeigt:

Fig. 1        eine Ansicht zur Erläuterung des Schmelzbades aus geschmolzenem Metall im Falle eines Schweißens in vertikaler Stellung;

Fig. 2        eine schematische Darstellung der bei der vorliegenden Erfindung angewandten Einrichtungen;

- Fig. 3(a)      Ansichten zur Erläuterung des Schwingens  
und (b)      eines Lichtbogens;
- Fig. 4(a)      Impulszüge von Hauptimpulsen und Sub-  
und (b)      Impulsen;
- Fig. 5          die Beziehungen zwischen der Impulsfre-  
quenz und dem Lichtbogendruck;
- Fig. 6          Ansichten zur Erläuterung einer Vorspannungs-  
und 7          steuerung der Sub-Impulse; und
- Fig. 8          eine mit dem Schweißverfahren der vorliegen-  
den Erfindung erhaltene Schweißung.

In Fig. 2 bezeichnet das Bezugszeichen 3 einen "Schweißbrenner"; das Bezugszeichen 8 eine Wolframelektrode; das Bezugszeichen 2 ein Grundmetall; das Bezugszeichen 5 einen Schweißdraht; und das Bezugszeichen 6 einen Schweißdrahthalter, der an der Rückseite des Schweißbrenners 3 angebracht ist, bezogen auf die Schweißrichtung A und zwar so, daß der Schweißdraht 5 so weit als möglich parallel zu der Wolframelektrode 8 gehalten werden kann.

Eine Gleichspannungs-Impulsquelle 7 ist mit der Wolframelektrode 8 und dem Grundmetall 2 verbunden. Eine Impulsquelle 9 für den Schweißdraht 5 ist mit dem Schweißdraht 5 und dem Grundmetall 2 verbunden. Die Impulsquellen 7 und 8 sind untereinander über eine Phasensteuereinheit 10 verbunden, die die von den Energiequellen 7 und 9 erzeugten Impulse in vorbestimmter Phasenbeziehung verriegelt. Die Gleichstromimpulse (Hauptstrom) mit einer Frequenz von einigen Zehn bis einigen Hundert Hz fließen von der Gleich-

130064/0526

spannungsimpulsquelle 7 zu der Wolframelektrode 8, so daß dort ein Lichtbogen erhalten wird. Zu Beginn des Schweißens steuert die Phasenstereinheit 10 die Impulsquelle 9 so, daß letztere ihre Stromimpulse (Sub-Strom) in synchroner Phasenbeziehung mit den Hauptstromimpulsen zu dem Schweißdraht 5 überträgt. Die Spitze des Schweißdrahtes wird in den Hoch-Temperatur-Plasmastrom in dem Schweiß-Lichtbogen geführt, so daß der Schweißdraht schnell zu dem Schmelzbad aus geschmolzenem Metall geschmolzen wird. Die Bewegung des Lichtbogens unter diesen Bedingungen wird weiter unten erläutert. Wenn, wie in Fig. 4(a) gezeigt, der Hauptstrom  $I_a$  und der Sub-Strom  $I_b$  in Phase sind, so wird ein magnetisches Feld rings um den Schweißdraht 5 aufgebaut, welches die durch den Pfeil  $\phi_b$  bezeichnete Richtung aufweist (vgl. Fig. 3(a)). Folglich wirkt das magnetische Feld  $\phi_b$  so mit dem Lichtbogenstrom zusammen, daß der Lichtbogen in Richtung auf den Schweißdraht 5 hin gezogen wird. Dies bedeutet, daß der Lichtbogen gezwungen wird, zu dem Schweißdraht bzw. einer Schweißstange 5 hin zu schwingen. Andererseits wird, wenn - wie in Fig. 4(b) gezeigt - der Hauptstrom  $I_a$  und der Sub-Strom  $I_b$  außer Phase sind, der Lichtbogen gezwungen, von dem Schweißdraht 5 fort zu schwingen, wie in Fig. 3(b) gezeigt. Wenn folglich die Polarität des Sub-Stromes  $I_b$  zeitlich geändert wird, so wird der Lichtbogen gezwungen, um die Wolframelektrode 8 herum zu dem Schweißdraht 5 hin bzw. von ihm fort zu schwingen und zwar mit einer Frequenz die der Frequenz des Sub-Stromes oder -Impulses  $I_b$  entspricht.

Allerdings wird die Schwingbewegung des Lichtbogens statistisch gestört, so daß ein Tonschweißen (sound weld) nicht erhalten werden kann, es sei denn, die Phasenbeziehung zwischen dem Hauptstrom  $I_a$  und dem Sub-Strom  $I_b$  ist verriegelt.

Folglich verwendet die vorliegende Erfindung eine Phasen-

130064/0526

steuereinheit 10, so daß der Hauptstrom  $I_a$  und der Sub-Strom  $I_b$  in vorbestimmter Phasenbeziehung verriegelt werden können, so daß eine gleichförmige Schwingbewegung des Lichtbogens erhalten werden kann.

Da der Lichtbogen regelmäßig gleichförmig über das Schmelzbad aus geschmolzenem Metall schwingt, wie oben beschrieben, und da das Mittelfrequenz-Impuls-TIG-Schweißverfahren einen hohen Lichtbogensdruck erzeugt, kann die Möglichkeit zum Aufrechterhalten eines Schmelzbades aus geschmolzenem Metall beträchtlich vergrößert werden, verglichen mit den Hoch- oder Niederfrequenz-Impuls-TIG-Schweißverfahren.

Gemäß der vorliegenden Erfindung werden der Hauptstrom  $I_a$  und der Sub-Strom  $I_b$  so gesteuert, daß sie synchrone Phasen zwischen  $0^\circ$  und  $180^\circ$  aufweisen, wie in Fig. 4 gezeigt. Wenn der Hauptstrom  $I_a$  und der Sub-Strom  $I_b$  in Phase sind, wie in Fig. 4(a) gezeigt, so wird der Lichtbogen zu dem Schweißdraht 5 hin gezogen; sind die Ströme dagegen außer Phase, d. h. um  $180^\circ$  verschoben, wie in Fig. 4(b) gezeigt, so wird der Lichtbogen von dem Schweißdraht 5 fortgezogen. Im Ergebnis kann eine gleichförmige Schwingbewegung des Lichtbogens aufrechterhalten werden und das Schmelzbad aus geschmolzenem Metall wird folglich stabilisiert. Zusätzlich kann die Schwingbewegung des Lichtbogens auch lediglich durch den niedrigen Sub-Strom  $I_b$  aufrechterhalten werden. Folglich kann der Lichtbogen in optimaler Weise gesteuert werden, in Abhängigkeit von verschiedenen Schweißbedingungen, wie z. B. durch den Hauptstrom  $I_a$ , die Menge des verwendeten Schweißdrahtes usw.

In Fig. 4 ist der Sub-Strom  $I_b$  mit rechteckförmigem Verlauf dargestellt. Es sei jedoch darauf hingewiesen, daß er auch alle anderen geeigneten Formen aufweisen kann, wie z. B. eine Sinus-Form.

130064/0526

Fig. 5 zeigt die Beziehung zwischen dem Lichtbogendruck und der Frequenz der Schweißstromimpulse. Es ist zu erkennen, daß der Lichtbogendruck bei einer Frequenz zwischen 20 und 500 Hz (Mittelfrequenz) einen Spitzenwert erreicht. Verglichen mit den Lichtbogendrücken, die bei konstantem Strom oder mit Hochfrequenzstromimpulsen erhalten werden, ist dieser Lichtbogendruck von beträchtlicher Größe. Wenn folglich die Stromfrequenz zwischen 20 und 500 Hz ist, so kann ein großes Volumen eines Schmelzbades aus geschmolzenem Metall stabil aufrechterhalten werden. Wenn die Frequenz nahe bei 20 Hz ist, so werden zwischenzeitlich auftretende Veränderungen bei der Wärmezufuhr für den Lichtbogen und bei dem Lichtbogendruck ausgeprägter und die Geschwindigkeit, mit der das Grundmaterial und der Schweißdraht geschmolzen wird sinkt, so daß die geschwünschten Schweißgeschwindigkeiten nicht mehr erhalten werden. Andererseits, wenn die Frequenz so gewählt wird, daß sie nahe der oberen Grenze liegt, d. h. bei 500 Hz, so wird der Lichtbogen "hart", so daß eine magnetische Steuerung der Lichtbogenbewegung nicht mehr erhalten werden kann. Im Hinblick darauf liegt ein optimales Frequenzband zwischen 30 und 300 Hz.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird, abweichend von den Hoch- oder Niederfrequenz-Impuls-TIG-Schweißverfahren, der Lichtbogen nicht auf einen Punkt auf der Oberfläche des Schmelzbades aus geschmolzenem Metall konzentriert, sondern wird dazu gezwungen, synchron mit der Frequenz der Impulse von 30 bis 300 Hz dreidimensional hin und her zu schwingen. Im Ergebnis werden elektromagnetische Druckwellen erzeugt und radial über das Schmelzbad aus geschmolzenem Metall radial ausgebreitet. Diese dynamische Lichtbogensäule wird gleichförmig in Richtung des Schweißens und in entgegengesetzter Richtung (nach links und rechts in Fig. 3) geschwungen aufgrund der synchronisierten Sub-Ströme oder

130064/0526

-Impulse. Zusätzlich wird die Phase wie oben beschrieben gesteuert. Im Ergebnis wird, selbst wenn eine nach abwärts gerichtete Kraft auf das Schmelzbad ausgeübt wird, wie es im Falle eines vertikal nach unten oder nach oben gerichteten Schweißens auftritt, das Schmelzbad in stabiler Weise aufrechterhalten, so daß die Schweißeffektivität oder die Ablagerungsgeschwindigkeit beträchtlich verbessert werden kann.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird, um ein Schmelzbad aus geschmolzenem Metall von großem Volumen zu erhalten und folglich um die Schweißeffektivität oder die Schweißablagerungsgeschwindigkeit zu verbessern, ein Vorspannungsstrom  $i$  dem Substrom  $I_b$ , der durch den Schweißdraht 5 fließt, überlagert, wie in Fig. 6 oder 7 gezeigt. Es kann ein negativer oder ein positiver Vorspannungsstrom durch eine Vorspannungsstromsteuereinrichtung (nicht dargestellt) überlagert werden, so daß ohne Änderung der Amplitude der Schwingbewegung des Lichtbogens das Schwingen des Lichtbogens nach vorne oder nach hinten in Abhängigkeit von der Schweißstellung gesteuert werden kann. Im Ergebnis kann ein Schmelzbad aus geschmolzenem Metall stabiler gehalten werden.

Fig. 6 zeigt einen Sub-Strom  $I_b$ , dem ein positiver Vorspannungsstrom  $i$  überlagert wurde, während Fig. 7 einen Sub-Strom  $I_b$  zeigt, dem ein negativer Vorspannungsstrom  $i$  überlagert wurde.

Die Polarität des Vorspannungsstromes  $i$  wird in Abhängigkeit von einer vertikal nach unten oder nach oben gerichteten Schweißstellung geändert, während die Größe des Vorspannungsstromes in geeigneter Weise ausgewählt wird und in Abhängigkeit von der Schweißstellung auch Null sein kann, so daß ein erwünschtes Schmelzbad aus geschmolzenem Metall aufrechterhalten werden kann und eine vorbestimmte Wärmemenge

130064/0526

dem Schweißdraht zugeführt wird, woraus folgt, daß ein vorbestimmter Effektivitätswert bzw. Wirkungsgrad erhalten werden kann.

Bei vertikal nach unten gerichteter Schweißstellung wird, wenn der Lichtbogen wie oben beschrieben geschwungen wird, die Oberfläche des Grundmetalles unterhalb des Schmelzbades aus geschmolzenem Metall auf hohe Temperaturen vorgeheizt, so daß der Kontaktwinkel  $\theta$  (vgl. Fig. 1) klein wird und folglich "kalte Schweißstellen" oder Fusionsfehler vermieden werden können.

Im folgenden werden einige Beispiele bzw. Ergebnisse der vorliegenden Erfindung beschrieben. Zwei Rohre mit einem Durchmesser von 4400 mm aus Stahl mit einer Zugfestigkeit von  $60 \text{ kg/mm}^2$  wurden unter  $45^\circ$  geneigt und mit einer umlaufenden Rille mit schmalem Spalt gegeneinander gedrückt. Die Kanten wurden durch ein Einseiten und ein All-Stellungs-Schweißen verbunden. Der Abschnitt des Schweißens ist in Fig. 8 gezeigt. Das Schweißen begann vom Boden der umlaufenden Rille und die Schweißposition wurde von "eben" über vertikal nach oben zu "von oben her" geändert. Unter den gleichen Bedingungen wurden halbkreisförmige Kanten geschweißt, wie in der nachfolgenden Tabelle 1 gezeigt. Bis auf die Schweißstellung wurden die Schweißbedingungen bei jedem Durchlauf unverändert belassen. Die verwendete Elektrode hatte einen Durchmesser von 4,0 mm und war aus 2 % Tn-W. Die "Schweißbrenner"-Hin- und Herbewegung war unter  $40^\circ$  geneigt. Ein Argonschutzgas wurde mit 20 l/min zugeführt. Die Temperaturdifferenz zwischen den "Perlen" bzw. "Wulsten" wurde auf  $100^\circ\text{C}$  gehalten.

130064/0526



T A B E L L E 1

- 14 -

| Schicht<br>(Durchlauf No.) | Hauptstrom<br>in Ampère | Sub-Strom<br>in Ampère | Schweiß-Geschw.<br>in cm/min | Ablagerungs-Geschw.<br>in g/min | Gewicht des abgelager-<br>ten Metalls pro Längen-<br>einheit in g/cm |
|----------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------------|---------------------------------|--|
| 1. Schicht<br>(No. 1)      | 420                     | 150                    | 3                            | 40                              | 4.4  |
| 2. Schicht<br>(No. 2)      | 430                     | 160                    | 5                            | 45                              | 5.0  |
| 3. Schicht<br>(No. 3)      | 430                     | 160                    | 3                            | 45                              | 5.6  |
| 4. Schicht<br>(No. 4)      | 420                     | 160                    | 3                            | 45                              | 5.6  |
| 5. Schicht<br>(No. 5)      | 420                     | 160                    | 8                            | 40                              | 5.0  |
| 6. Schicht<br>(No. 6)      | 300                     | 160                    | 10                           | 30                              | 3.0  |
| dito<br>(No. 7)            | 300                     | 160                    | 10                           | 30                              | 3.0  |

3103247

130064/0526

Aus Fig. 8 und Tabelle 1 ist zu ersehen, daß Rohre mit großer Wandstärke mit einer minimalen Anzahl von Durchgängen miteinander verbunden werden, was bisher durch irgendwelche bekannten All-Stellungs-TIG-Schweißverfahren nicht möglich war. Mit Ausnahme der 6. Schicht bedeckt jeder Wulst die volle Breite der Rille vollständig. Insbesondere der erste Wulst bzw. eindringende Wulst ist 8 mm dick. Ein dazwischenliegender Wulst überdeckt vollständig eine Rillenbreite von 16 mm.

In Tabelle 2 wird das TIG-Schweißverfahren für alle denkbaren Stellungen gemäß der vorliegenden Erfindung mit dem früher entwickelten Impuls-MIG-Schweißverfahren verglichen. Bei beiden Verfahren lag die Wärmeenergie-Zufuhr bei 33000 Joule/cm.

130064/0526

T A B E L L E 2

|  |   |                              |
|--|---|------------------------------|
| Zu verbindende Werkstücke                          | Rohre mit 4400 mm Durchmesser und 35 mm Wandstärke aus HT 60.<br><br>Die Achsen der gegeneinander stoßenden Rohre waren um 45° geneigt. |                              |
| Schweiß-Verfahren                                  | Erfindung   | Impuls-MIG-Schweißen         |
| Schweiß-stellung                                   | vertikal<br>eben → nach oben → von oben   | dito                         |
| Ablagerungs-geschw.                                | 45 g/min  | 35 g/min                     |
| Gewicht des abgelagerten Metalls pro Längeneinheit | 5.6 g/cm  | 4.4 g/cm                     |
| Wärmezufuhr  | 33000 Joule/cm  | 33000 Joule/cm               |
| Anzahl der Schichten                               | 6 Schichten in 7 Durchgängen  | 8 Schichten in 9 Durchgängen |

130064/0526

Es ist zu erkennen, daß das Schweißverfahren der vorliegenden Erfindung nicht nur bezüglich der Ablagerungsgeschwindigkeit, sondern auch bezüglich des Gewichtes des pro Längeneinheit abgelagerten Metalles dem MIG-Schweißverfahren weit überlegen ist. Beispielsweise ist, selbst im Falle der schwierigsten Schweißstellung von oben her, das Gewicht des abgelagerten Metalles pro Längeneinheit 5,6 g/cm.

Tabelle 3 zeigt die Schweißbedingungen bei denen Edelstahlrohre mit 304,8 mm bzw. 558,8 mm Durchmesser mittels des Schweißverfahrens der vorliegenden Erfindung verbunden wurden sowie mit den bekannten Schweißverfahren.

## T A B E L L E 3

- 18.

3103247

| Zu verbindende<br>Werkstücke                  | Rohre mit 304,8 mm Durchmesser und<br>22 mm Wandstärke aus SUS 304 |                   |                             | Rohre mit 558,8 mm Durchmesser und 36 mm Wand-<br>stärke aus SUS 304 |                   |                             |
|---|--|-------------------|-----------------------------|--|-------------------|-----------------------------|
|   | Nieder-<br>frequenz-<br>Impuls-<br>TIG                             | Erfindung         | Hochfrequenz-<br>Impuls-TIG | Niederfrequenz-<br>Impuls-TIG  | Erfindung         | Hochfrequenz-<br>Impuls-TIG |
| Mittlerer<br>Schweißstrom<br>[A; Hz]          | 150 A<br>1~2 Hz  | 240 A<br>100 Hz   | 250 A<br>20 kHz             | 150 A<br>1~2 Hz  | 240 A<br>100 Hz   | 250 A<br>20 kHz             |
| Schweißdraht                                  | kalt   | mit Sub-<br>Strom | kalt                        | kalt   | mit Sub-<br>strom | kalt                        |
| Mittlere<br>Schweißgeschw.<br>[cm/min]        | 10   | 10                | 10                          | 10   | 10                | 10                          |
| Maximale Wärme-<br>zufuhr [J/min]             | 8000   | 14000             | 15000                       | 8000   | 14000             | 15000                       |
| Zahl der<br>Durchgänge                        | 45   | 15                | 25                          | 81   | 32                | 45                          |
| Lichtbogenzeit<br>[h]                         | 7,4  | 2,5               | 4,2                         | 22,2   | 8,8               | 12,5                        |
| Maximale Ablage-<br>rungsgeschw.<br>[g/min]   | 8,0  | 24,0              | 15,0                        | 8,0  | 24,0              | 15,0                        |
| Kritische Ablage-<br>gerungsgeschw.<br>[g/cm] | 0,8  | 2,4               | 1,5                         | 0,8  | 2,4               | 1,5                         |

130064/0526

Aus obiger Tabelle 3 ist leicht zu erkennen, daß das Schweißverfahren der vorliegenden Erfindung verglichen mit den bekannten Schweißprozessen die Anzahl der Durchgänge beträchtlich verringern kann. Wenn der Zeitverlust aufgrund intermittierender Unterbrechungen des Schweißens für das Bilden neuer Wulste in Betracht gezogen wird, so ist im Ergebnis die gesamte Effektivität spürbar gegenüber den bekannten Schweißprozessen verbessert worden.

Tabelle 4 zeigt die Schweißbedingungen, bei denen ein Vorspannungsstrom dem Sub-Strom überlagert wurde und verändert wurde. Der Schweißstrom war 220 A, die Schweißspannung 9,5 V, die Schweißgeschwindigkeit 10 cm/min; die Hin- und Herbewegungs-Geschwindigkeit 120 bis 130 cm/min und die Schwenkbreite 4 bis 8,5 mm.

130064/0526

T A B E L L E 4

| Test No. | Richtung des horizontalen Schweißens | SP/RP Verhältnis des Sub-Stromes $I_b$ | Ablagerungsgeschw. [g/cm] | Kritische Ablagerungsgeschw. [g/cm] | Ergebnis      |
|----------|--------------------------------------|--|---------------------------|-------------------------------------|---------------|
| No. 1    | nach oben                            | SP 5/5<br>RP<br>(keine Vorspannung)    | 20                        | 2,0                                 | gut           |
|          | nach unten                           |  | 20                        | 2,0                                 | gut           |
| No. 2    | nach oben                            | SP 0/10<br>RP                          | 15                        | 1,5                                 | mittel        |
|          | nach unten                           |  | 20                        | 2,0                                 | gut           |
| No. 3    | nach oben                            | SP 10/0<br>RP                          | 20                        | 2,0                                 | gut           |
|          | nach unten                           |  | 16                        | 1,6                                 | mittel        |
| No. 4    | nach oben                            | SP 8/2<br>RP                           | 25                        | 2,5                                 | ausgezeichnet |
|          | nach unten                           |  | 18                        | 1,8                                 | mittel        |
| No. 5    | nach oben                            | SP 2/8<br>RP                           | 18                        | 1,8                                 | mittel        |
|          | nach unten                           |  | 25                        | 2,5                                 | ausgezeichnet |

Anm.: Das SP/RP Verhältnis ist das Verhältnis zwischen den Komponenten gleicher Polarität (SP) und Komponenten umgekehrter Polarität (RP) des Sub-Stromes  $I_b$ .

3103247

130064/0526

3103247

- 20 -

• 21 •

Zusammenfassend kann mit der vorliegenden Erfindung ein großes Schmelzbad aus geschmolzenem Metall in äußerst zufriedenstellender und stabiler Weise in allen Schweißstellungen aufrechterhalten werden und folglich kann die Schweißeffektivität wie z. B. die Schweißablagerungsgeschwindigkeit spürbar verbessert werden. Da Stromimpulse mit mittleren Frequenzen verwendet werden, wird die Induktivität des elektrischen Kabels keine negativen Effekte verursachen. Beispielsweise bleiben, selbst wenn das Kabel länger als 100 m ist, die Schweißbedingungen unverändert, so daß das Schweißverfahren der vorliegenden Erfindung in vorteilhafter Weise auch "vor Ort" ausgeführt werden kann.

130064/0526



Nummer:  
Int. Cl.<sup>3</sup>:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

3103247  
B23K 9/16  
31. Januar 1981  
28. Januar 1982

-25-  
3103247

RECHT

Fig. 1

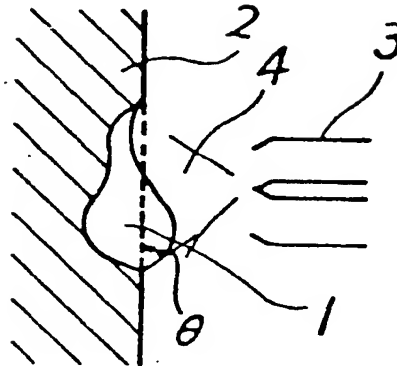
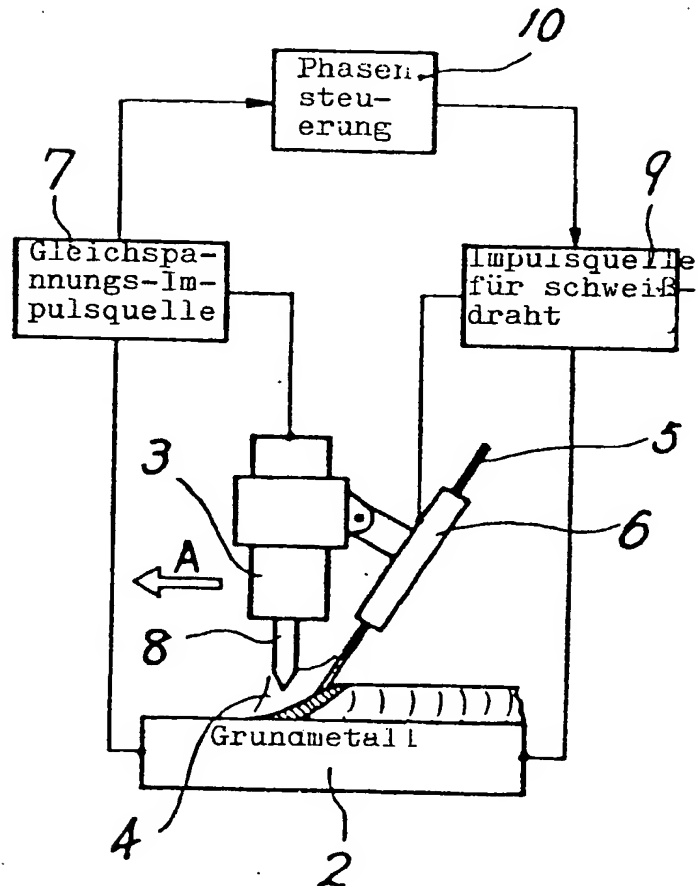


Fig. 2



130064/05.26

Fig. 3(a)

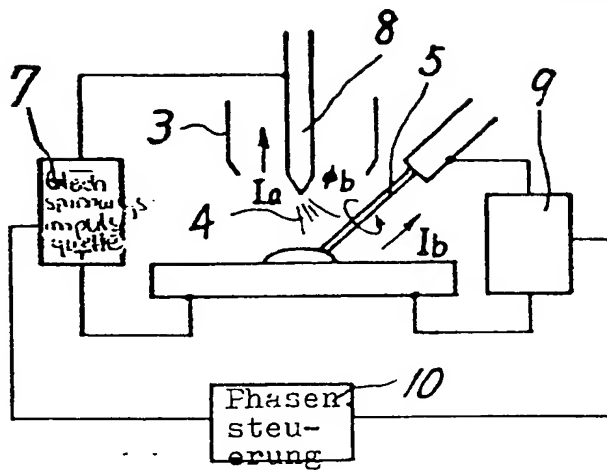


Fig. 3(b) Impulsquelle für Schweißdraht

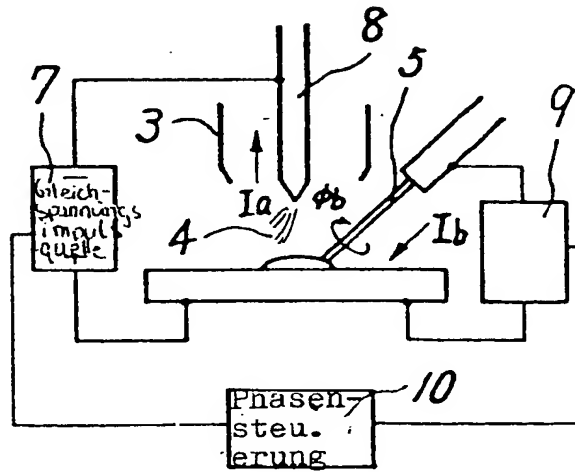


Fig. 4(a)

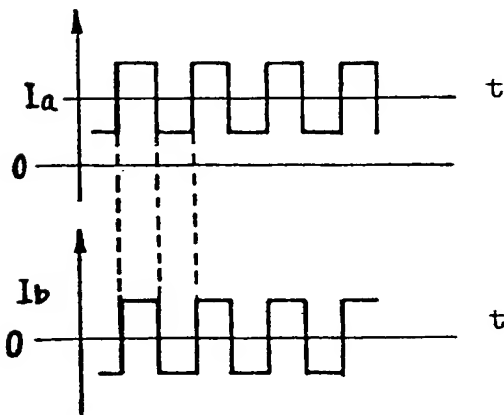


Fig. 4(b)

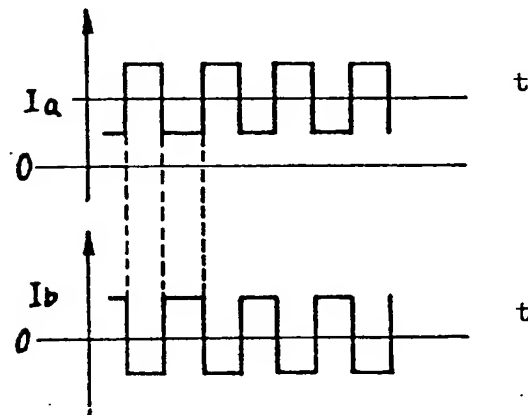
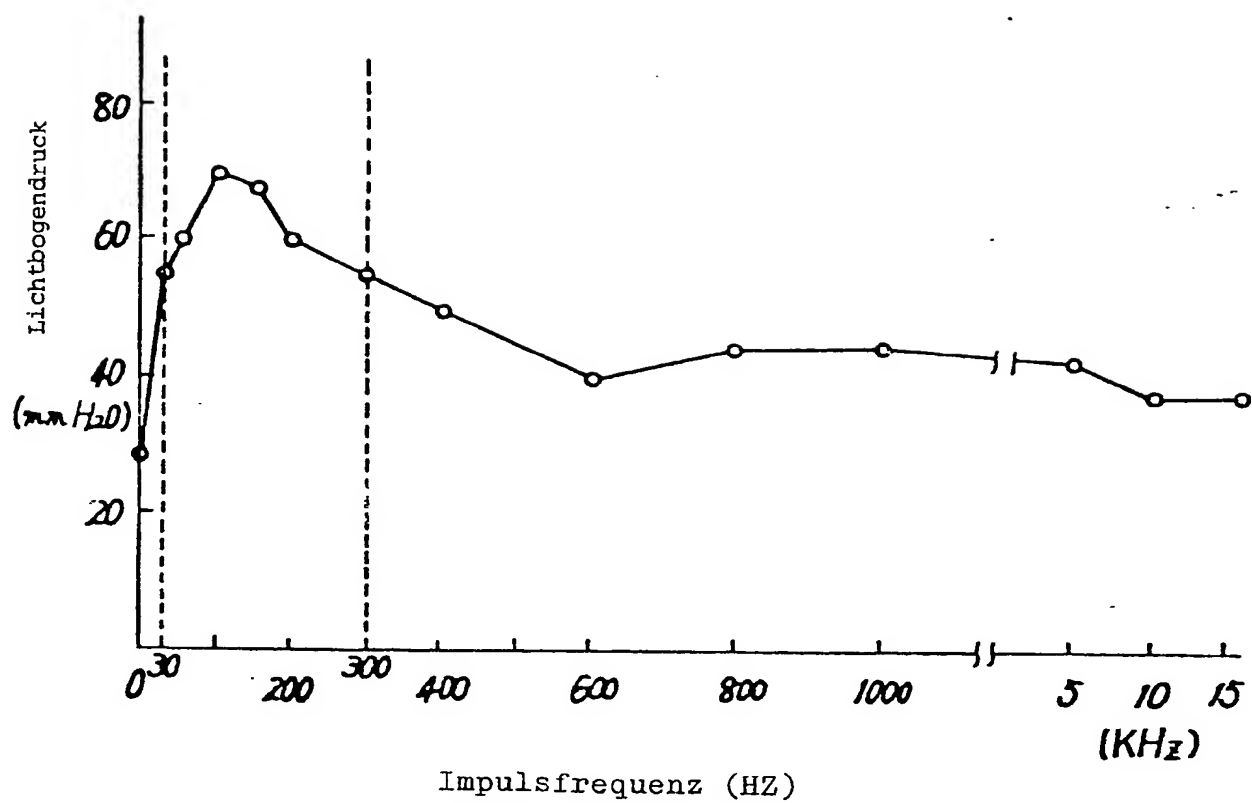


Fig. 5



130064/0526

Fig. 6

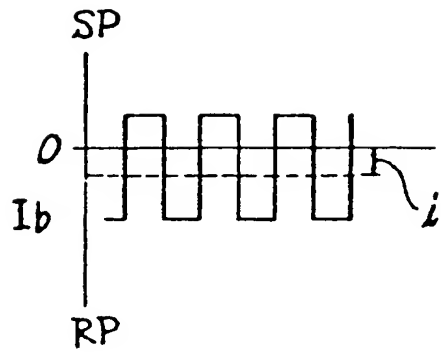


Fig. 7

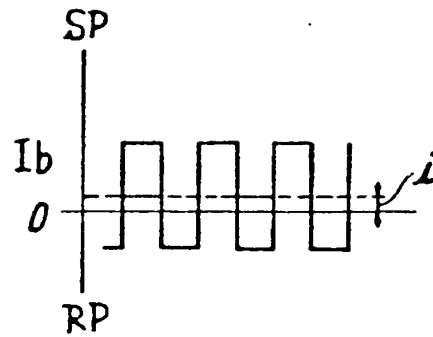
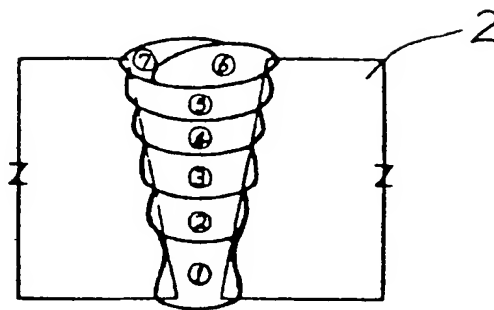


Fig. 8



Nummer:  
 Int. Cl.<sup>S</sup>:  
 Anmeldetag:  
 Offenlegungstag:

3103247  
 B28K 9/16  
 31. Januar 1981  
 28. Januar 1982

-25-  
 3103247

PATENT

Fig. 1

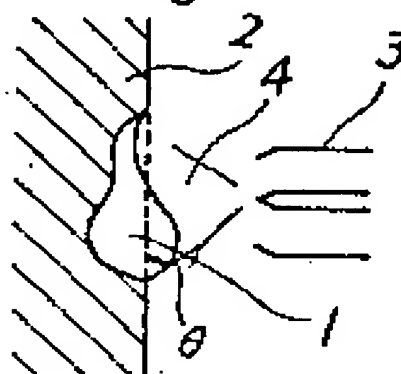
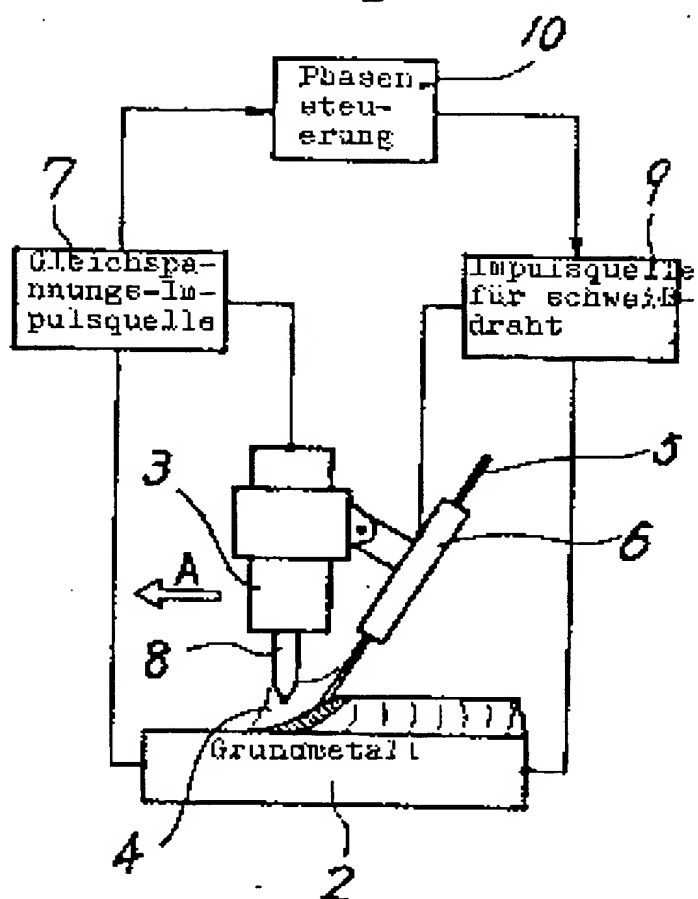


Fig. 2



130064/0526

Fig. 3(a)

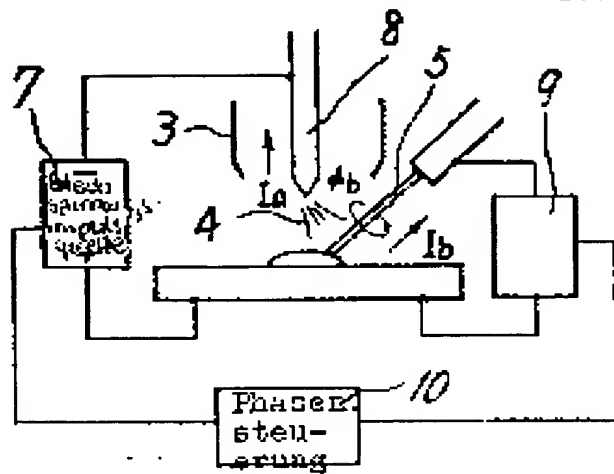
Impulsquelle  
für Schweiß-  
draht

Fig. 3(b)

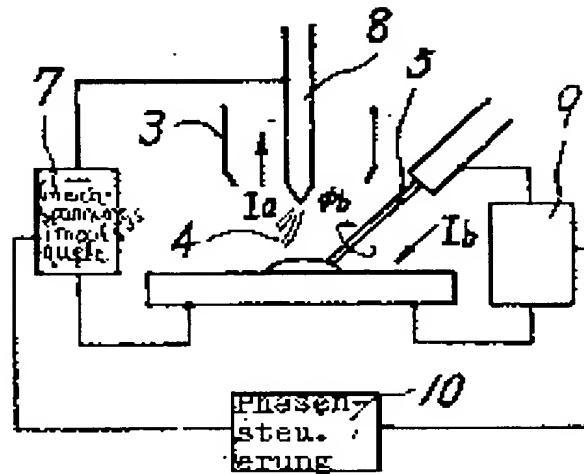
Impulsquelle  
für Schweiß-  
draht

Fig. 4(a)

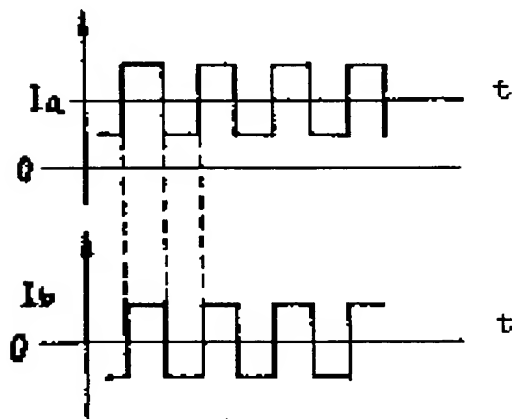


Fig. 4(b)

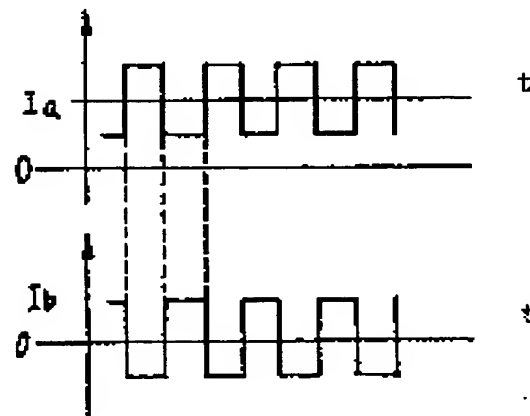
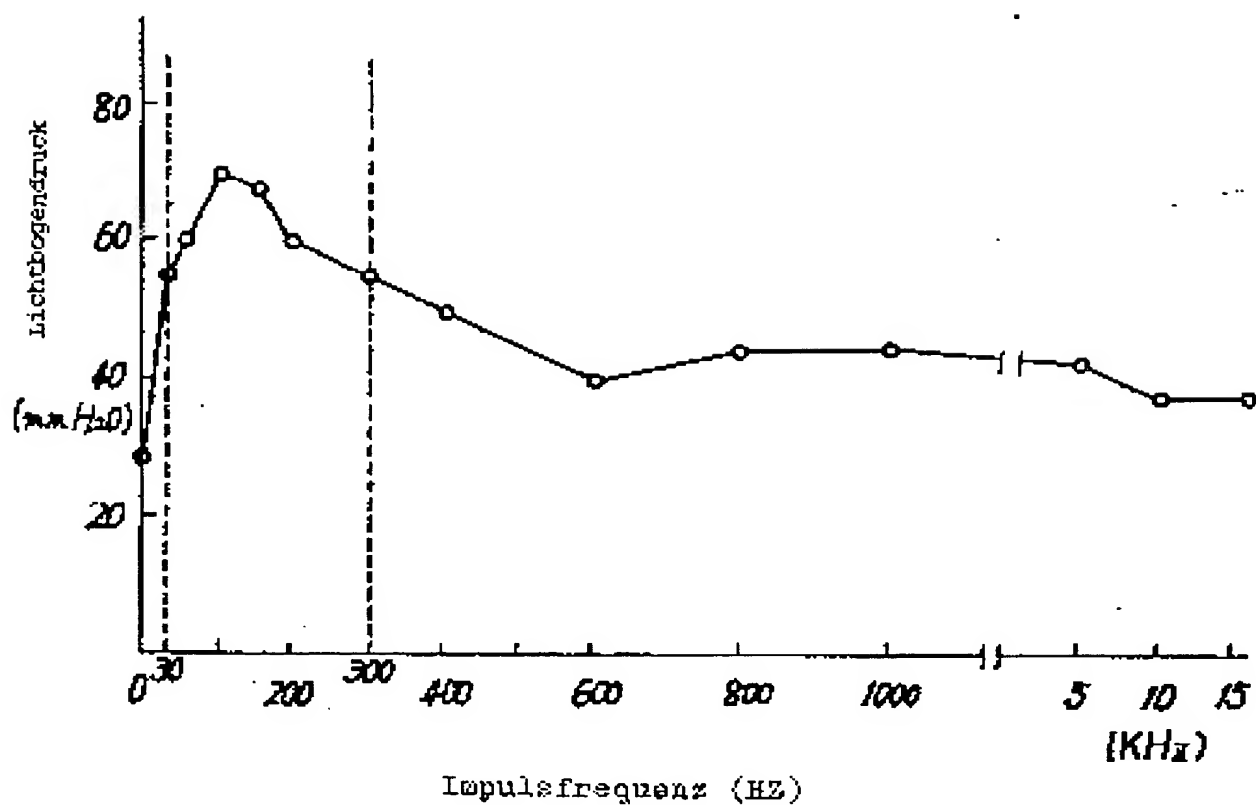


Fig. 5



130064/0626

Fig. 6

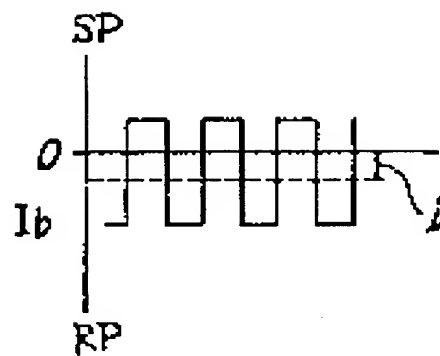


Fig. 7

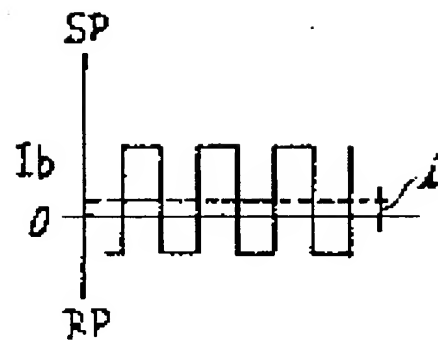


Fig. 8

